Aus dem Tropenmedizinischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. H.-J. Knüttgen

# Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion vom Akklimatisationsgrad und der Belastung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Theoretische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Jean-Pierre Marie Mbomboué
aus Yaoundé/Cameroun

1970

Aus dem Tropenmedizinischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. H.-J. Knüttgen

# Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion vom Akklimatisationsgrad und der Belastung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Theoretische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Jean-Pierre Marie Mbomboué
aus Yaoundé/Cameroun

1970

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. K. Mörike

1. Berichterstatter: Professor Dr. W. Höfler
2. Berichterstatter: Professor Dr. H.J. Knüttgen

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG • Tübingen

Jedem, der mit saurem Schweiß sein
Brot verdient, meinen lieben Eltern
und ganz besonders meiner Frau und
meinem Sohn gewidmet.

INHALTSVERZEICHNIS


| | | Seite |
|---|---|---|
| I | Einleitung und Fragestellung | 1 |
| II | Methode und Material | 3 |
| III | Ergebnisse: | 10 |
| | A Schweißintensität | 10 |
| | B Schweißrate | 14 |
| | C Integrale Schweißmenge (IS) | 18 |
| | D Prozentuale Schweißverteilung in Abhängigkeit vom Akklimatisationsgrad und von der Belastung | 21 |
| | E Korrelationsbestimmung der Schweißrate | 25 |
| | F Prozentuale regionale Schweißproduktion verglichen mit den prozentualen Anteilen der Oberfläche an der Gesamtoberfläche (berechnet nach der Methode von DU BOIS, D.) | 26 |
| IV | Diskussion | 29 |
| V | Zusammenfassung | 34 |
| VI | Literaturverzeichnis | 37 |

## I Einleitung und Fragestellung

Die Zunahme der Schweißsekretion spielt bei dem Prozeß der Akklimatisation an Hitze und Hitzearbeit die zentrale Rolle. Dies gilt jedenfalls sicher für kurzfristige Klimakammer-Experimente, bzw. bei täglich aufeinanderfolgenden, jeweils nur wenige Stunden dauernden Hitzeexpositionen. Unter diesen Bedingungen steigt die Schweißproduktion in wenigen Tagen z.B. um 12 bis 55% des Anfangswertes (DILL u. Mitarbeiter 1938; EICHNA u. Mitarbeiter 1945, 1950; WENZEL, 1961) und ändert sich später nicht mehr wesentlich.

Auch die Akklimatisation an ein natürliches Wüstenklima scheint ähnlich zu verlaufen (ADOLPH, 1947; LEE, 1964).

Auf der anderen Seite ergab sich bei Untersuchungen in tropischem Klima, die über 22 Wochen fortgeführt wurden, daß die anfänglich gesteigerte Schweißproduktion von der vierten Woche an wieder abnahm, obwohl der Akklimatisationszustand - beurteilt nach Pulsfrequenz und Rectaltemperatur - erhalten blieb (MACPHERSON, 1960).

Was sind im allgemeinen die physiologischen Zeichen der Akklimatisation? Es sind dies:

Verbesserte Leistung,
vermehrte Schweißproduktion,
verminderte Pulsfrequenz,
" " Kerntemperatur,
" " Hauttemperatur,
" " Elektrolyt-Konzentration im Schweiß

(HÖFLER, MACPHERSON, BÜNING, EICHNA, DILL et al., LADELL, ROBINSON, WEINER, TAYLOR, STRYDOM, GLASER, WYNDHAM, SCHMOLL).

Der entscheidende Vorgang ist dabei sicher die Zunahme der Schweißmenge.

Daneben wurde unter bestimmten Umständen - wenigstens in feuchtheißem Klima - eine Änderung in der lokalen Verteilung der Schweißproduktion festgestellt: Der Anteil der Extremitäten an der Gesamtschweißmenge nimmt mit der Akklimatisation zu (HÖFLER, 1968). SCHMAUZ und HÖFLER (1969) fanden beim Akklimatisierten im natürlichen tropischen Klima mit der arm-bag-Methode, daß der Beitrag der Extremitäten zur Gesamtschweißmenge mit der Hitzebelastung zunahm.

Es liegt nahe zu fragen, ob das auch bei höherer Arbeitsbelastung der Fall ist. Eine Versuchsreihe mit mehreren unakklimatisierten Versuchspersonen (KAMANABROO, 1970) hatte ein negatives Ergebnis.

In dem hier dargestellten Selbstversuch sollte daher die lokale Schweißproduktion unter zwei deutlich verschiedenen Arbeitsbelastungen beim Hitzeakklimatisierten studiert werden.

## II Methode und Material

Der Versuch wurde in einer Klimakammer durchgeführt (Firma Meissner & Wurst, Stuttgart). Die Kammer ist 230 cm breit, 360 cm lang und 200 cm hoch. Während des Versuchs wurde sie von einer laminaren Luftströmung durchzogen, die etwa 10 cm über dem Boden der Klimaanlage einströmte; sie zog zur gegenüberliegenden Wand, stieg dort zur Decke auf, strömte wieder zur Ausgangswand zurück und verließ die Klimakammer durch einen der Einströmöffnung entsprechenden Ausgang. Die Kammer wurde durch diesen Luftstrom befeuchtet und temperiert. In der Kammer befanden sich folgende Instrumente und Geräte:

a) Ein Fahrradergometer, auf dem die Versuchsperson während des Trainings- und Hauptversuchs 50 Minuten lang pro Arbeitsphase zu fahren hatte.

b) Ein elektrischer Schrittmacher zur Kontrolle, damit die Versuchsperson eine regelmäßige Pedalgeschwindigkeit beim Fahren auf dem Fahrradergometer einhielt.

c) Eine Waage (TOLEDO, Genauigkeit 20 g)

d) Ein trockenes und ein befeuchtetes ventiliertes Widerstandsthermometer, die beide an einem außerhalb der Kammer befindlichen Zweifarbenschreiber angeschlossen waren, welcher die Trocken- und Feuchttemperaturen in der Kammer anzeigte.

e) Ein Fieberthermometer zur Messung der Rectaltemperatur.

f) Eine Sprechanlage, durch die man der Versuchsperson von außen Anweisungen gab.

g) Thermoelemente, die nach außen an ein Gerät angeschlossen waren, auf welchem die Hauttemperaturen der verschiedenen Körperstellen abgelesen werden konnten.

h) Ein Fotoelement zur Messung der Pulsfrequenz, das nach außen an einen fotoelektrischen Pulszähler angeschlossen wurde.

i) Ein Stuhl für die Versuchsperson während der Ruheperiode.

j) Weitere Materialien:
Durchsichtige Plastiksäcke zum Sammeln des Schweißes, Becher und Meßzylinder, Trichter und Filterpapier, 3 plangeschliffene Plexiglasringe und Parafilm -"M"-Folie zur Bestimmung der lokalen Schweißsekretion sowie eine Stoppuhr.

Die Klimakammer ist so gebaut, daß man die Versuchsperson von einem Vorraum aus durch ein kleines, mit einer doppelten Glasscheibe wärmefest abgedichtetes Fenster gut beobachten und kontrollieren kann. Beim Versuch wurden die Messungen in diesem Vorraum vorgenommen.

Der Versuch wurde in der Zeit vom 16.6.1969 bis 31.7.1969 vorgenommen, dauerte also 7 Wochen und bestand aus einer Trainingsperiode von 13 Tagen mit 10 Versuchen sowie 3 Standardversuchen und einem Hauptversuch von insgesamt 32 Tagen, darunter 6 Standardversuchen.

Die Versuchsperson war ein 27-jähriger, 168 cm großer, 65,7 kg schwerer Afrikaner (Sportler).

Der Versuch begann morgens zwischen 6.oo Uhr und 8.oo Uhr. Zunächst wurden bei der Versuchsperson (bekleidet mit einer Turnhose) die Rectaltemperatur und das Gewicht bestimmt, sodann folgte eine Ruhezeit von 50 Minuten. Während dieser Zeit wurden im Abstand von 10 Minuten Thermoelemente an der Stirn, an der Brust, dem linken Handrücken und der linken Oberschenkelstreckseite angebracht. Das Fotoelement wurde am linken Ohrläppchen angelegt.

Versuchsverlauf und Aufeinanderfolge der Messungen waren im Training, in den "Hauptversuchen" (Akklimatisationsphase) und in den "Standardversuchen" gleich. In der Trainingsphase wurde jedoch keine Bestimmung der lokalen Schweißproduktion durchgeführt.

Das Training erfolgte bei einer Trockentemperatur von 23° C und einer Feuchttemperatur von 17° C mit einer relativen Feuchtigekit von 75%. Beim Standard- bzw. Hauptversuch betrug die Trockentemperatur 35°C, die Feuchttemperatur 31°C mit einer Effektivtemperatur von 33°C und einer relativen Feuchtigkeit von 76%. Die Klimakammer wurde während der Hauptversuchstage Tag und Nacht durchgehend geheizt.

Jeder Versuchstag bestand aus einer Ruhezeit von 50 Minuten im Liegestuhl nach Anlegen der oben genannten Instrumente, gefolgt von fünf Arbeitsphasen auf dem Fahrradergometer bei 8 mkp/sec. (Akklimatisationsphase) bzw. 4 mkp/sec. (Standardtest) von je 50 Minuten Dauer und einer Ruheperiode von 10 Minuten nach jeder Arbeitsphase.
Alle 10 Minuten wurden folgende Messungen durchgeführt:

a) Die Pulsfrequenz mittels des Fotoelementes am linken Ohrläppchen. Sie wurde auf dem elektrischen Pulszähler abgelesen.

b) Die Rectaltemperatur wurde 3 Minuten lang vor und nach jeder Ruhe- und Arbeitsperiode mit dem Fieberthermometer im Stehen gemessen.

c) Die Hauttemperatur an der Stirn, der Brust, dem linken Handrücken und der linken Oberschenkelstreckseite mit Thermoelementen. Das Thermoelement wurde nach Aufforderung von der Versuchsperson selbst aufgesetzt.

d) Die Trocken- und Feuchttemperaturen in der Klimakammer mit dem Zweifarbenschreiber der Fa. Elektrogeräte, Stuttgart.

e) Das Gewicht der Versuchsperson am Ende der 50 Minuten dauernden Ruhe und am Ende jeder Arbeitsperiode und der 10 Minuten dauernden Ruheperiode. Nach dem Wiegen wurde die Uhrzeit aufgeschrieben. Die Gewichtsdifferenz wurde jeweils durch Trinken der gleichen Flüssigkeitsmenge (Tee) ausgeglichen. Die Gewichtsdifferenz wurde als produzierte Schweißmenge genommen.

f) Schweißsammlung vom linken Unterarm und linken Unterschenkel in der ersten und fünften oder in allen Arbeitsphasen durch Anlegen der Plastiksäcke. Sicherheitshalber wurden am Bein doppelte Säcke angebracht. Sie wurden erst am Ende der letzten Arbeitsphase abgenommen. Die Schweißmenge in jedem Sack wurde filtriert und im Meßzylinder abgemessen.

g) Bestimmung der lokalen Schweißproduktion am Ende der fünften Arbeitsperiode an folgenden Körperteilen:

1. Stirn
2. re. Wange
3. li. Halsseite
4. Brust re.
5. re. Thoraxseite
6. Rücken unterhalb des re. Schulterblattes
7. li. Oberarm-Außenseite
8. li. Unterarm-Innenseite
9. li. Oberschenkel-Außenseite
10. li. Oberschenkel-Innenseite
11. li. Unterschenkel-Außenseite

Am Kopf wurden Plexiglasringe (2 cm tief, 4 cm Durchmesser) verwendet, die mit Gummiband befestigt wurden. Am Stamm und an den Extremitäten wurden 10 x 14 cm große Zellstoffplatten (Moltex-Vlieswindeln) befestigt. Die Haut innerhalb der Ringe wurde mit Zellstoff gut ausgetrocknet und dann im Abstand von 30 sec. der Reihe nach mit Parafilm -"M"- Folie verschlossen. Die Zellstoffplatten wurden ebenfalls im Abstand von 30 sec. der Reihe nach auf die gut abgetrockneten Hautstellen aufgelegt und mit Plastikfolie abgedeckt. Nach genau 6 Min. wurden in derselben Reihenfolge die Folien wieder abgenommen und der Schweiß innerhalb der Ringe mit einem Wattebausch abgetupft. Die Watte wurde in fest verschlossenen Gläschen aufbewahrt, die Zellstoffplatten kamen in Plastikbeutel.
Watte und Zellstoffplatten wurden vor und nach der Prozedur gewogen (auf 1 mg genau). Die Gewichtsdifferenz ergab die abgesonderte Schweißmenge, aus welcher die mittlere Schweißintensität (mg/100 $cm^2$ min.), die Schweißrate (g/h), sowie die integrale Schweißmenge errechnet wurden.

h) Bestimmung des Gewichtes der Versuchsperson vor und nach jeder Messung der lokalen Schweißproduktion.

Die in dieser Arbeit benützten Abkürzungen:

$ST_1$ = Standardversuche bei 4 mkp/s

$H_1$ = Hauptversuche mit voller Belastung 8 mkp/s

I = mg/100 x $cm^2$ x min. = mittlere Schweißintensität

g/h = mg/100 x $cm^2$ x min. x f = Schweißrate; wobei
f = Umrechnungsfaktor für den jeweiligen Körperteil (s. S. 13)

IS = $\sum (g/h)_i$ = integrale Schweißmenge

%S = prozentualer Anteil der einzelnen Körperteile an der Schweißmenge

%OF = Prozentualer Anteil der einzelnen Körperteile an der Körperoberfläche

## Tagekalender der Versuche

| Training | | Hauptversuche | |
|---|---|---|---|
| Tag 1 | T | Tag 1 | H |
| 2 | T | 2 | H |
| 3 | T | 3 | H |
| 4 | T | 4 | $ST_4$ |
| 5 | $ST_1$ | 5 | H |
| 6 | T | 6 | H |
| 7 | T | 7 | H |
| 8 | T | 8 | H |
| 9 | $ST_2$ | 9 | H |
| 10 | T | 10 | H |
| 11 | T | 11 | H |
| 12 | $ST_3$ | 12 | $ST_5$ |
| 13 | T | 13 | H |
| | | 14 | H |
| | | 15 | H |
| | | 16 | H |
| | | 17 | H |
| | | 18 | H |
| | | 19 | $ST_6$ |
| | | 20 | H |
| | | 21 | H |
| | | 22 | H |
| | | 23 | H |
| | | 24 | H |
| | | 25 | H |
| | | 26 | $ST_7$ |
| | | 27 | H |
| | | 28 | H |
| | | 29 | $ST_8$ |
| | | 30 | H |
| | | 31 | H |
| | | 32 | $ST_9$ |

T = Training
$ST_1$ = Standard
H = Hauptversuche

## III Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse zusammengestellt. Verglichen werden jeweils 1-3 Standardtests mit den 1-3 zeitlich nächstliegenden Hauptversuchen.

### A Schweißintensität

Veränderungen der lokalen Schweißsekretion (mittlere Intensität in mg/100 x $cm^2$ x min. = I)

### 1. Abhängigkeit vom Akklimatisationsgrad

Tabelle 1

| | $ST_1$ | $ST_2$ | $ST_3$ | $\bar{m}$ | $\bar{m}$ | $ST_7$ | $ST_8$ | $ST_9$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kopf | 69 | 21 | 51 | 47 | 6,3 | 3 | 5 | 11 |
| Stamm | 43 | 49 | 32 | 41,3 | 36,6 | 21 | 34 | 55 |
| Arm | 40 | 33 | 34 | 35,6 | 27,3 | 15 | 34 | 33 |
| Bein | 32 | 34 | 33 | 33 | 20,3 | 13 | 20 | 20 |

$ST_{1,2,3}$ verglichen mit $ST_{7,8,9}$ bei 4 mkp/s Belastung.

Die abgegebene Schweißmenge liegt wesentlich höher bei $ST_{1,2,3}$ als bei $ST_{7,8,9}$ wobei der Kopf am meisten schwitzt, dann der Stamm, der Arm und am wenigsten das Bein. Die abgegebene Schweißmenge nahm somit am Kopf, Stamm, Arm und Bein im allgemeinen ab mit zunehmender Akklimatisation ($\bar{m}$ = Mittelwerte).

Tabelle 2

| | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ | $\bar{m}$ | $\bar{m}$ | $H_{23}$ | $H_{25}$ | $H_{26}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kopf | 68 | 58 | 33 | 53 | 50 | 21 | 47 | 82 |
| Stamm | 34 | 43 | 36 | 37,8 | 82,3 | 77 | 82 | 88 |
| Arm | 39 | 35 | 30 | 34,6 | 52,2 | 58 | 42 | 56 |
| Bein | 35 | 44 | 31 | 36,6 | 33 | 41 | 28 | 30 |

$H_{1,2,3}$ verglichen mit $H_{23-26}$ bei 8 mkp/s Belastung.
Mit zunehmender Akklimatisation erhöht sich die Schweißproduktion besonders am Stamm und Arm. Am Kopf und Bein bleibt sie gleich.

2. Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion vom Belastungsgrad.

Tabelle 3

| | $ST_4$ | $\bar{m}_H$ | $H_3$ | $H_4$ |
|---|---|---|---|---|
| Kopf | 27 | 46 | 33 | 59 |
| Stamm | 32 | 41,5 | 36 | 47 |
| Arm | 32 | 33 | 30 | 36 |
| Bein | 27 | 37 | 31 | 41 |

$ST_4$ verglichen mit $H_{3,4}$ ($\bar{m}_H$ = Mittelwert der H-Versuche).
Mit zunehmender Belastung besteht eine erhöhte Schweißabgabe am Kopf, Stamm und Bein.

Tabelle 4

| | $ST_5$ | $\bar{m}_H$ | $H_{10}$ | $H_{11}$ |
|---|---|---|---|---|
| Kopf | 17 | 48,5 | 62 | 35 |
| Stamm | 26 | 87,5 | 82 | 93 |
| Arm | 31 | 48,5 | 49 | 48 |
| Bein | 26 | 41 | 38 | 44 |

$ST_5$ verglichen mit $H_{10,11}$

Mit zunehmender Belastung besteht eine erhöhte Schweißabgabe am Kopf, Stamm, Arm und Bein.

Tabelle 5

| | $ST_6$ | $\bar{m}_H$ | $H_{16}$ | $H_{17}$ |
|---|---|---|---|---|
| Kopf | 6 | 11 | 15 | 7 |
| Stamm | 35 | 48,5 | 35 | 62 |
| Arm | 32 | 30,5 | 31 | 30 |
| Bein | 29 | 29,5 | 27 | 32 |

$ST_6$ verglichen mit $H_{16,17}$

An Arm und Bein besteht hier kein Unterschied zwischen den beiden Belastungsstufen.

Tabelle 6

| | $ST_7$ | $ST_8$ | $ST_9$ | $\bar{m}_{ST}$ | $\bar{m}_H$ | $H_{23}$ | $H_{25}$ | $H_{26}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kopf | 3 | 5 | 11 | 6,3 | 50 | 21 | 47 | 82 |
| Stamm | 21 | 34 | 55 | 36,6 | 82,3 | 77 | 82 | 88 |
| Arm | 15 | 34 | 33 | 27,5 | 52 | 58 | 42 | 56 |
| Bein | 13 | 20 | 28 | 20,3 | 33 | 41 | 28 | 30 |

$ST_{7,8,9}$ verglichen mit $H_{24-26}$

Auch hier können die gleichen Beobachtungen gemacht werden wie in Tabelle 4.

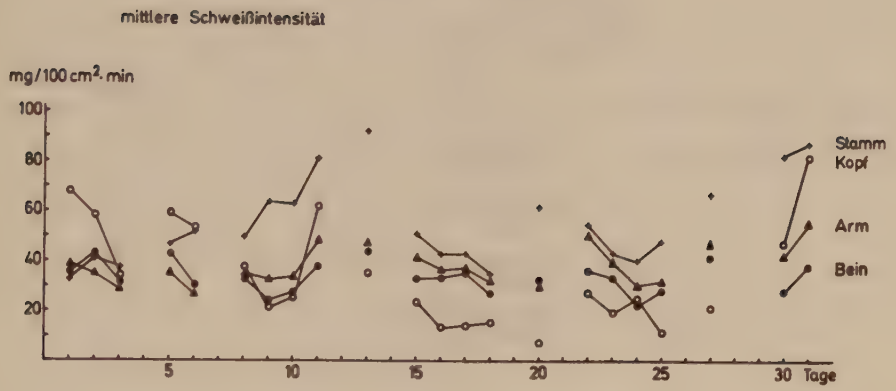


Abbildung 1

Zeitlicher Verlauf der mittleren Schweißintensität der Körperteile der H-Versuche.

Der Kopf hat in den ersten Tagen die größte Schweißintensität, dann sinkt sie bis zum 20. Tag etwas ab, um langsam wieder anzusteigen; der niedrigste Wert wurde am 20 Tag registriert.

Der Stamm hat vom 8. Tag an im Durchschnitt die größte Schweißintensität, der höchste Wert wurde am 13. Tag erreicht.

Die von Unterarm und Schenkel in Plastikbeuteln gesammelten Schweißmengen zeigen etwa den gleichen zeitlichen Verlauf, wobei das Bein die niedrigsten Werte überhaupt hatte.

Dies bestätigt auch Beobachtungen von HÖFLER (1966).

B Schweißrate in g/h

wobei g/h = mg/100 $cm^2$ x min. x f

f = Umrechnungsfaktor für den jeweiligen Körperteil

$$= \frac{OF(cm^2) \times 0,6}{1000}$$

Das entspricht:

für den Kopf $f = \frac{1222 \times 0,6}{1000} = 0,74$

für den Arm $f = \frac{3807 \times 0,6}{1000} = 2,29$

für den Stamm $f = \frac{4633 \times 0,6}{1000} = 2,78$

für das Bein $f = \frac{6969 \times 0,6}{1000} = 4$

Die Oberfläche (OF in $cm^2$) der jeweiligen Körperpartie ist errechnet nach der Methode von DUBOIS, D. und E.F. DUBOIS (1915).

Danach ergaben sich folgende Oberflächen:

Kopf = 1222 $cm^2$ = 7,4% OF
Arm = 3807 $cm^2$ = 22,9% OF
Stamm = 4633 $cm^2$ = 27,8% OF
Bein = 6969 $cm^2$ = 41,9% OF

Dies ergibt im gesamten eine Oberfläche von 16 631 $cm^2$.

1. Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion (g/h) vom Akklimatisationsgrad.

Tabelle 7

| | $ST_{1,2,3}$ | $ST_{7,8,9}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 34,78 | 4,59 |
| Stamm | 114,814 | 101,38 |
| Arm | 81,524 | 62,24 |
| Bein | 135,3 | 84,85 |

$ST_{1,2,3}$ verglichen mit $ST_{7,8,9}$

Die Schweißproduktion entspricht den Ergebnissen der Tabellen 3-6. Sie nimmt am Kopf, Stamm, Arm etwas zu und am Bein ab.

Tabelle 8

| | $H_{1,2,3}$ | $H_{23,25,26}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 38,69 | 36,50 |
| Stamm | 104,15 | 227,97 |
| Arm | 78,88 | 119,01 |
| Bein | 152,98 | 137,94 |

$H_{1,2,3}$ verglichen mit $H_{23,25,26}$ bei 8 mkp/s und $35^{\circ}/31^{\circ}$.

Die Schweißproduktion nimmt am Stamm und Arm zu, während sie am Kopf und Bein gleich bleibt.

2. Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion vom Belastungsgrad.

Tabelle 9

| | $ST_4$ | $H_{3,4}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 18,9 | 32,2 |
| Stamm | 86,4 | 112,05 |
| Arm | 70,4 | 72,6 |
| Bein | 110,7 | 151,7 |

$ST_4$ verglichen mit $H_{3,4}$

Mit zunehmender Belastung nimmt die Schweißproduktion zu mit Ausnahme des Armes.

Tabelle 10

| | $ST_5$ | $H_{10,11}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 11,9 | 33,9 |
| Stamm | 70,2 | 236,2 |
| Arm | 68,2 | 106,7 |
| Bein | 106,6 | 168,1 |

$ST_5$ verglichen mit $H_{10,11}$

Die Schweißrate ist an allen 4 Körperteilen bei der höheren Belastung größer.

Tabelle 11

| | $ST_6$ | $H_{16,17}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 4,2 | 7,7 |
| Stamm | 94,5 | 130,9 |
| Arm | 70,4 | 67,1 |
| Bein | 118,9 | 120,9 |

$ST_6$ verglichen mit $H_{16,17}$

Am Stamm ist die Schweißrate bei der höheren Belastung größer, am Arm und Bein besteht kein Unterschied.

Tabelle 12

| | $ST_{7,8,9}$ | $H_{23,25,26}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 4,4 | 35 |
| Stamm | 98,8 | 222,2 |
| Arm | 60,5 | 114,4 |
| Bein | 83,2 | 135,3 |

$ST_{7,8,9}$ verglichen mit $H_{23,25,26}$

An allen 4 Körperteilen ist die Schweißrate bei der höheren Belastung größer.

C Integrale Schweißmenge (IS)

$IS = \sum (g/h)i$

1. In den Tabellen 13 und 14 wird die Abhängigkeit der IS vom Akklimatisationsgrad gezeigt.

Tabelle 13

| $\sum (g/h)i\ ST_{1,2,3}$ | $\sum (g/h)i\ ST_{7,8,9}$ |
|---|---|
| 365,07 | 252,8 |

Bei 4 mkp/s und 35°C/31°C
$ST_{1,2,3}$ verglichen mit $ST_{7,8,9}$
Die IS ist im akklimatisierten Zustand um 31% kleiner.

Tabelle 14

| $\sum (g/h)i\ H_{1,2,3}$ | $\sum (g/h)i\ H_{23,25,26}$ |
|---|---|
| 374,4 | 521,3 |

Bei 8 mkp/s und 33°C
$H_{1,2,3}$ verglichen mit $H_{23,25,26}$
In den Hauptversuchen hat die IS um 39% zugenommen.

2. In den Tabellen 15 bis 18 wird die Abhängigkeit der IS vom Belastungsgrad gezeigt.

Tabelle 15

| $\sum$(g/h)i $ST_4$ | $\sum$(g/h)i $H_{3,4}$ |
|---|---|
| 286,4 | 360,5 |

$ST_4$ verglichen mit $H_{3,4}$

Tabelle 16

| $\sum$(g/h)i $ST_5$ | $\sum$(g/h)i $H_{10/11}$ |
|---|---|
| 256,9 | 544,9 |

$ST_5$ verglichen mit $H_{10,11}$

Tabelle 17

| $\sum$(g/h)i $ST_6$ | $\sum$(g/h)i $H_{16,17}$ |
|---|---|
| 288 | 326,6 |

$ST_6$ verglichen mit $H_{16,17}$

Tabelle 18

| $\sum$(g/h)i $ST_{8,9}$ | $\sum$(g/h)i $H_{23,25,26}$ |
|---|---|
| 246,9 | 506,9 |

$ST_{8,9}$ verglichen mit $H_{23,25,26}$

Aus den Tabellen 13 bis 18 ist ersichtlich, daß die integrale Schweißmenge in Abhängigkeit vom Belastungsgrad um durchschnittlich 62% zunimmt.

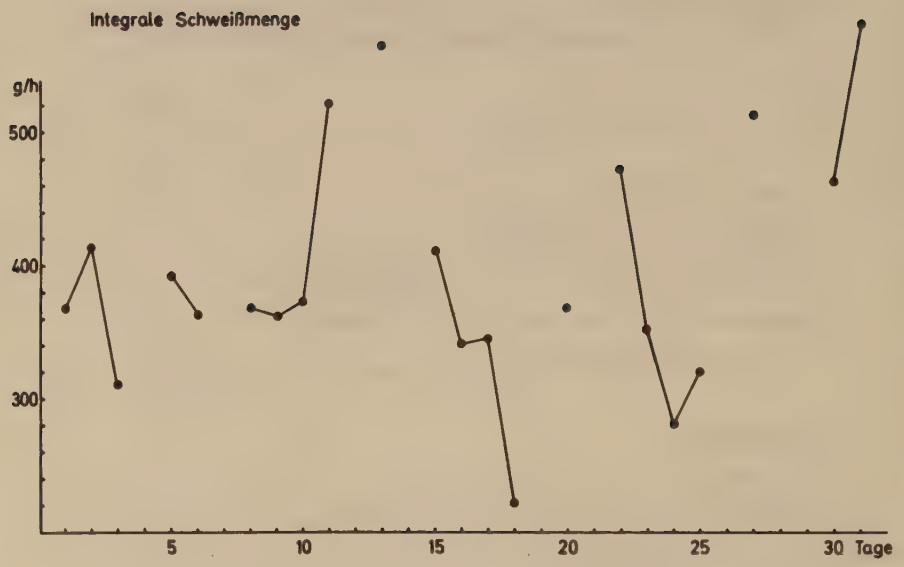


Abbildung 2

Zeitlicher Verlauf der integralen Schweißmenge der H-Versuche.

Die integrale Schweißmenge nimmt im Laufe der Versuchstage zu. Höchstwerte konnten am 31. und am 13. Tag gemessen werden; der niedrigste Wert wurde am 18. Tag registriert. Die Schweißmenge hat mit der Akklimatisation zugenommen.

Diese Beobachtung entspricht Angaben der Literatur, daß mit Zunahme der Akklimatisation die Schweißsekretion um 20% bis 100% ansteigt (KUNO, 1956, LADELL 1957, SCHMOLL, 1966).

D Prozentuale Schweißverteilung in Abhängigkeit vom Akklimatisationsgrad und von der Belastung.

in $\frac{g/h}{IS} \times 100$

1. Die Tabellen 19 und 20 zeigen die Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion vom Akklimatisationsgrad bei 4 mkp/s.

Tabelle 19

| $\frac{g/h}{IS} \times 100$ $ST_{1,2,3}$ | $\frac{g/h}{IS} \times 100$ $ST_{7,8,9}$ |
|---|---|
| Kopf 9,3% | 1,7% |
| Stamm 31,3% | 40% |
| Arm 22,2% | 24,6% |
| Bein 37% | 33,5% |

$ST_{1,2,3}$ verglichen mit $ST_{7,8,9}$
Der Prozentanteil nimmt an den Extremitäten ab zugunsten des Stammes.

Tabelle 20

| $\frac{g/h}{IS} \times 100$ $H_{1,2,3}$ | $\frac{g/h}{IS} \times 100$ $H_{23,25,26}$ |
|---|---|
| Kopf 10,3% | 7% |
| Stamm 27,8% | 43,7% |
| Arm 21% | 22,9% |
| Bein 40% | 26,4% |

$H_{1,2,3}$ verglichen mit $H_{23,25,26}$ bei 8 mkp/s
Der Prozentanteil nimmt an den Extremitäten ab zugunsten des Stammes.

2. Die Tabellen 21 bis 24 zeigen die Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion vom Belastungsgrad.

Tabelle 21

| | $ST_4$ | $H_{3,4}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 6,5% | 9% |
| Stamm | 30% | 30% |
| Arm | 24,5% | 19% |
| Bein | 38,1% | 41,1% |

$ST_4$ verglichen mit $H_{3,4}$

Tabelle 22

| | $ST_5$ | $H_{10,11}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 4,2% | 6,2% |
| Stamm | 27.2% | 43,3% |
| Arm | 26,1% | 19,5% |
| Bein | 41,4% | 30,8% |

$ST_5$ verglichen mit $H_{10,11}$

Tabelle 23

| | $ST_6$ | $H_{16,17}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 1,1% | 2,3% |
| Stamm | 32,8% | 40% |
| Arm | 24,4% | 20,5% |
| Bein | 41,2% | 37,1% |

$ST_6$ verglichen mit $H_{16,17}$

Tabelle 24

| | $ST_{7,8,9}$ | $H_{23,25,26}$ |
|---|---|---|
| Kopf | 1,7% | 6,9% |
| Stamm | 40% | 43,8% |
| Arm | 24% | 22,5% |
| Bein | 33,5% | 26,6% |

$ST_{7,8,9}$ verglichen mit $H_{23,25,26}$

In Abbildung 3 wird die prozentuale Schweißverteilung gezeigt.
Vor der Akklimatisation ist die prozentuale Schweißproduktion am Bein am höchsten. Sie nimmt dann ab zugunsten des Stammes. Der Arm zeigt keine wesentliche Veränderung. Der Kopf mit niedriger Beteiligung nimmt ständig ab.

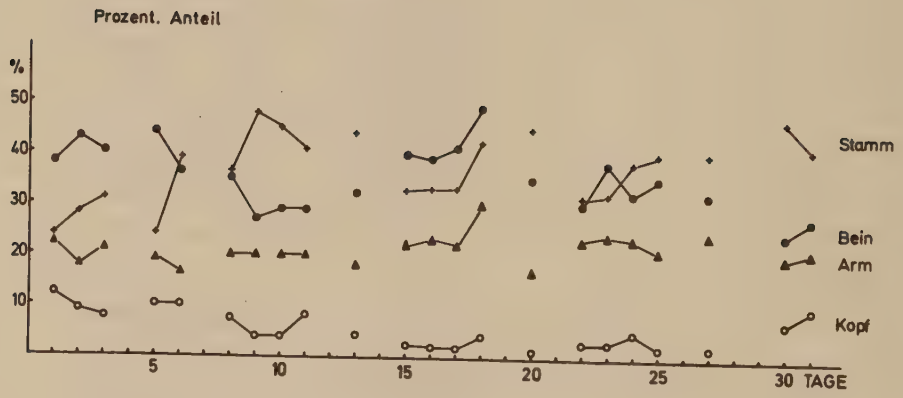


Abbildung 3
Zeitlicher Verlauf der prozentualen Anteile der einzelnen Körperteile der H-Versuche.

E Korrelationsbestimmung der Schweißrate

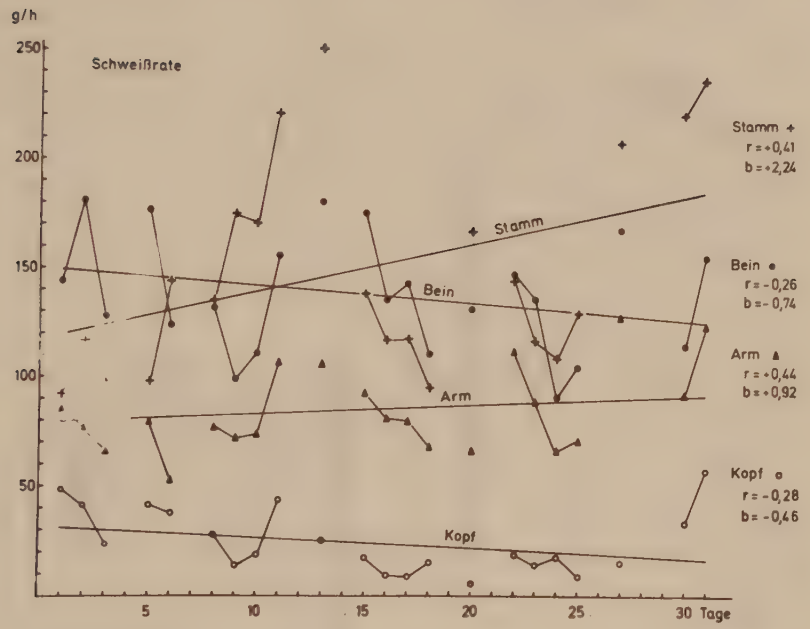


Abbildung 4

Zeitlicher Verlauf der Schweißrate mit eingezeichneten Regressionslinien.

Der Kopf gab am wenigsten Schweiß pro Stunde ab. Auch hier kann man feststellen, daß die abgegebene Schweißmenge pro Stunde am Kopf und Bein ständig abnimmt. - Es besteht hier eine Verschiebung der Schweißproduktion, wobei der Anteil des Stammes und des Armes pro Stunde ständig größer wird.

Die zeitlichen Verläufe sind signifikant von Null verschieden für Stamm ($p < 0,05$) und Arm.

F Prozentuale regionale Schweißproduktion verglichen mit den prozentualen Anteilen der Oberfläche an der Gesamtoberfläche (berechnet nach der Methode von DU BOIS, D.).

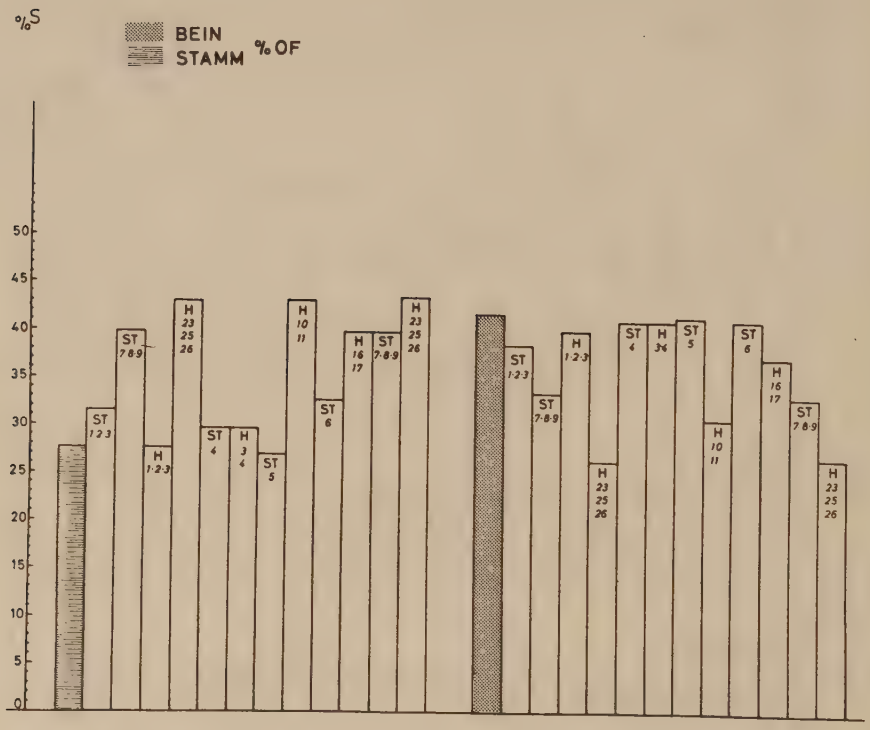


Abbildung 5

Prozentuale Anteile der Schweißmenge verglichen mit den prozentualen Anteilen der Oberfläche der einzelnen Körperteile.

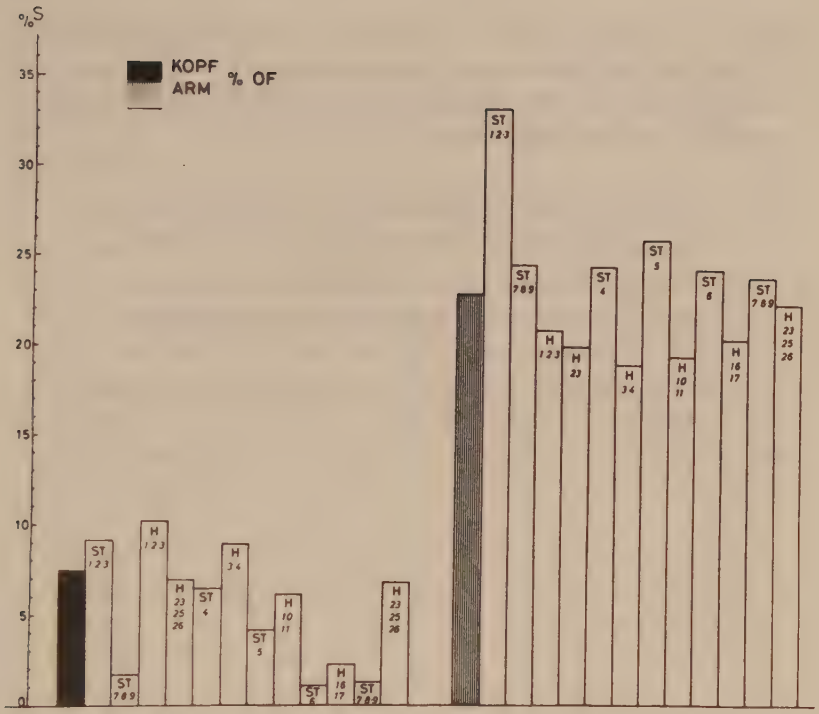


Abbildung 6

Prozentuale Anteile der Schweißmenge verglichen mit den prozentualen Anteilen der Oberfläche der einzelnen Körperteile.

Kommentar zu den Abbildungen 6 und 7

Die gesamte Oberfläche der Versuchsperson war, gemessen nach der Methode von DU BOIS, D. 16631 $cm^2$, wobei

Kopf = 7,4%
Arm = 22,9%
Stamm = 27,8%
Bein = 41,9% betrugen.

Die prozentualen Anteile von Kopf, Arm, Stamm und Bein an der Gesamtschweißmenge verglichen mit den prozentualen Anteilen der Körperteile an der Gesamtoberfläche ergaben folgende Ergebnisse:

1. Der Anteil an Kopf und Arm scheint etwa dem Oberflächenanteil zu entsprechen,
2. am Stamm ist die Schweißmenge höher als nach der Oberflächenberechnung zu erwarten war,
3. am Bein ist die Schweißmenge niedriger

## IV Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse sind in mancher Hinsicht unerwartet. In einigen Punkten entsprechen sie früheren Erfahrungen.

1. In den Standardversuchen mit der leichteren Arbeit (4 mkp/s) waren die abgegebenen Schweißmengen an allen Körperteilen in den Versuchen $ST_{7,8,9}$ - also im akklimatisierten Zustand - kleiner als vor Beginn der Akklimatisation ($ST_{1,2,3}$). Dementsprechend war auch die aus den lokalen Schweißraten berechnete integrale Schweißmenge nach erreichter Akklimatisation um 31% kleiner als in den während des Arbeitstrainings durchgeführten Standardtests.

   Die Bestimmung der lokalen Schweißproduktion erfolgte an der sitzenden Versuchsperson nach der 5. Arbeitsperiode. Vorher und nachher war die Versuchsperson noch einmal gewogen worden. Die aus der Gewichtsdifferenz gewonnene Schweißmenge ($S_g$) zeigte das gleiche Verhalten wie die integrale Schweißmenge IS. Die Akklimatisationswerte ($ST_{8,9}$) waren um 22% niedriger als die Ausgangswerte ($ST_{1,2}$).

   Im Gegensatz dazu hatten die Arbeitsschweißmengen mit der Akklimatisation zugenommen, z.B. für die 5. Arbeitsperiode um 22,4%. Beim Vergleich zwischen Schweißmenge der 5. Arbeitsperiode und derjenigen der nachfolgenden Ruheperiode ergibt sich die auffällige Feststellung, daß beide Schweißmengen (berechnet auf 1 Stunde) in den Versuchen $ST_{1,2}$ (vor der Akklimatisation) gleich waren, während im akklimatisierten Zustand

($ST_{8,9}$) die Schweißmenge der 5. Arbeitsperiode um 54% größer war als die der nachfolgenden Ruheperiode (siehe Tabelle 25). Beim Akklimatisierten wird offenbar gleich oder bald nach Arbeitsende die Schweißbildung eingestellt, während sie beim Unakklimatisierten das Arbeitsende überdauert.

In dieser Beobachtung kann man eine Stütze für neuere Vorstellungen über die Organisation der Thermoregulation sehen, nach denen neben Hauttemperatur und Korntemperatur auch Muskelarbeit für die Entwärmungsvorgänge bestimmend ist, entweder über Muskelrezeptoren, oder über eine zentrale "Sollwertverstellung" (BRÜCK, K. (1970)). Beim Unakklimatisierten überdauert der Körpertemperaturanstieg das Arbeitsende, bildet also trotz Beendigung der Muskeltätigkeit einen weiter wirksamen Antrieb für die Schweißproduktion. Beim Akklimatisierten fällt dieser Antrieb über die Körpertemperatur weg, die schon vor der 5. Arbeitsstunde auf niedrigeren Werten als beim Unakklimatisierten konstant geworden ist. Zugleich ergibt sich daraus für unsere Fragestellung, daß die Messung der lokalen Schweißproduktion besser während der Arbeit und nicht - wie bisher - erst im Anschluß daran durchgeführt werden müßte.

2. In den Hauptversuchen (Akklimatisationsversuchen) mit schwerer Arbeit von 8 mkp/s, die mit Ausnahme der wenigen eingeschobenen Standardversuche $S_{4-9}$ täglich aufeinanderfolgten, hatte die integrale Schweißmenge im Laufe der Akklimatisation um durchschnittlich 39% zugenommen.

Auch in den Hauptversuchen ergab der Vergleich der Schweißmenge in der 5. Arbeitsperiode mit derjenigen der nachfolgenden Ruhe während der Messung der lokalen Schweißproduktion gleiche Stundenwerte beim Unakklimatisierten, dagegen eine rasche Abnahme nach Arbeitsende beim Akklimatisierten (siehe Tabelle 25). Daß trotzdem die aus der lokalen Schweißproduktion berechnete integrale Schweißmenge mit der Akklimatisation eine Zunahme zeigte, könnte dadurch mitbedingt sein, daß diese Bestimmung in den ersten 12-15 Minuten nach Arbeitsende stattfand, während die Zeit vom Arbeitsende bis zur letzten Wägung 20-26 Minuten betrug.

Diese Zunahme der integralen Schweißmenge beruhte auf einer Zunahme der Schweißabgabe von Stamm und Arm, während die Werte von Kopf und Bein sich nicht signifikant änderten (Abb. 5).

3. Der prozentuale Beitrag des Stammes zur Gesamtschweißmenge nahm mit der Akklimatisation von etwa 29% auf 42% signifikant zu (Abb. 4). Der Anteil des Armes blieb mit 20% bzw. 21,5% praktisch gleich. Der Anteil des Kopfes nahm zwar ab, erreichte in den beiden letzten Versuchen aber annähernd wieder die Anfangswerte. Der Anteil des Beines verminderte sich signifikant von etwa 40,5% auf ca. 32%.

Dieses Ergebnis entspricht insofern früheren Erfahrungen, als eine Zunahme des Beitrags der Extremitäten zur Gesamtschweißmenge mit der Akklimatisation nur dann eintrat, wenn ihr Anteil im unakklimatisierten

Zustand weniger als 48% ausgemacht hatte (HÖFLER, (1968)). In dem hier dargestellten Versuch hatten Arm und Bein anfänglich sogar 61% der Gesamtschweißmenge geliefert.

4. Bei der höheren Arbeitsbelastung war die aus den Schweißraten der einzelnen Körperteile berechnete integrale Schweißmenge im Mittel um 62% höher als bei der leichteren Arbeit.

An dieser Zunahme der integralen Schweißmenge mit der Belastung waren Kopf und Stamm stärker beteiligt als Arm und Bein, die bei der leichteren Arbeit 62,4%, bei der schwereren Arbeit nur 55,6% zur Gesamtschweißmenge beitrugen. Diese Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

Insgesamt ließ sich also im dargestellten Versuch keine signifikante Änderung in der prozentualen Verteilung der Schweißproduktion auf die einzelnen Körperteile in Abhängigkeit von der Belastung nachweisen.

Nach den Ergebnissen von DEEN (1969) sind Änderungen im prozentualen Beitrag der einzelnen Körperteile zur Gesamtschweißmenge im Verlauf der Hitzeakklimatisation wahrscheinlicher, wenn von vornherein eine erhebliche Diskrepanz zwischen Oberflächenanteil und Schweißmengenanteil besteht. Das war bei unserer Versuchsperson jedoch nicht der Fall (Abb. 6,7).

Tabelle 25

| | 5. A. | R | IS |
|---|---|---|---|
| $ST_{1,2}$ | 420 | 430 | 376,7 |
| $H_{1,2,3}$ | 433 | 420 | 374,4 |
| $ST_{8,9}$ | 514 | 334 | 286,4 |
| $H_{23,25,26}$ | 673 | 225 | 521,5 |

Schweißmenge (g/h) der 5. Arbeit (5.A.), der nachfolgenden Ruhe (R) und Integrale Schweißmenge (IS) vor bzw. am Ende der Akklimatisation bei den 2 Belastungsgraden.

## V Zusammenfassung

Ein 27-jähriger Afrikaner wurde nach einer ausreichenden Trainingsperiode an eine Hitzearbeit von 5 Mal 50 Minuten bei 8 mkp/s in einem Klima von 35° und 76% R.F. akklimatisiert. Vor, während und am Ende dieser insgesamt 32 Tage dauernden Akklimatisation wurden je 3 Standardtests im gleichen Klima, aber bei niedrigerer Leistung von 4 mkp/s durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der im Anschluß an die 5. Arbeitsperiode bestimmten lokalen Schweißbildung untersucht.

Signifikante Unterschiede im prozentualen Beitrag der einzelnen Körperteile zur Gesamtschweißmenge ließen sich weder in Abhängigkeit von der Arbeitsbelastung noch vom Akklimatisationsgrad nachweisen, wahrscheinlich vor allem deshalb, weil bei der untersuchten Versuchsperson alle Körperteile von vornherein etwa ihrem Oberflächenanteil entsprechend zur Gesamtschweißmenge beigetragen hatten.

Die eingehendere Analyse führt zu dem Schluß, daß die Messung der lokalen Schweißbildung besser während der Arbeit durchgeführt werden müßte, da beim Akklimatisierten - im Gegensatz zum Unakklimatisierten - die Schweißproduktion sehr rasch nach dem Ende der Muskelarbeit aufhört.

SUMMARY

After a sufficient training period, a 27 year old African was acclimatized to work in heat for 5 spells of 50 minutes at 8 mkp/s in conditions of 35°C and 76% R.H. Before, during and at the end of this acclimatization, which lasted 32 days in all, 3 standard tests were made each time in the same climate, but were carried out at a lower rate of performance, 4 mkp/s.

In the investigation at hand the results of the sweatformation in particular areas after the fifth work-spell are analysed.

No significant differences in the relative contribution of the various parts of the body to the total amount of sweat could be shown: Neither in relation to the work-load, nor in relation to the degree of acclimatization. This is probably mainly because in the case of the test person all parts of the body had contributed from the outset to the total amount of sweat to a degree approximately corresponding to their surface area.

The more thorough analysis leads to the conclusion that ist would be better to measure the local sweat-formation during the work-spells instead of - as up till now - immediately following the last one, since where the test person has been acclimatized - the sweat production stops very soon after the muscles finish working.

RESUME

Après s'être suffisamment entrainé, un Africain de 27 ans s'est adapté un travail sous la chaleur comportant 5 periodes d'une durée moyenne de 50 minutes chacune, dans les conditions suivantes: Temperature dans la chambre climatisée 35°C, humidité relative 76%, travail à fournir 8 mkp/s. Avant, pendant et après cette periode d'acclimatisation qui dura 32 jours en tout, on a procédé chaque fois à 3 tests dits standard à la même temperature, mais le travail à fournir étant relativement moindre: 4 mkp/s.

Dans ce travail que vous avez sous les yeux on étudie la production locale de sueur, mesurée à la fin de la cinquième periode de travail. On ne peut pas ici constater une différence marquante dans le pourcentage de contribution de chaque partie du corps à la production générale de la sueur mesurée soit en rapport avec la charge de travail soit en rapport avec le degré d'acclimatisation. Ceci s'explique peut-être du fait que le «cobaye» employé dans les experiences a transpiré sur toutes les parties de son corps proportionnellement à leur surface.

Une analyse plus profonde conduit à la conclusion suivante: Les mesures de la production locale de la sueur devrait-être faite plutôt pendant le travail qu'après la dernière periode de travail comme on le faisait jusque là, car chez un adapté au travail sous la chaleur la production de la sueur s'arrête très vite à la fin du travail des muscles, ce qui est le contraire pour une personne non acclimatée.

## VI Literaturverzeichnis


(1) ADOLPH, E.F. and D.B. DILL: Observations of Water Metabolism in the Disert. Amer. J. Physiol. 123, 369 (1938)

(2) DU BOIS, D. and E.F. DU BOIS: The Mesurement of the Surface Area of Man. Arch. Intern. Med. 15, 868 (1915)

(3) BRISBANE, S.: Änderung von Wärmebilanzgrößen bei der Akklimatisation im feucht-heißen Klima. Med. Diss., Tübingen 1969

(4) BRÜCK, K.: Neue Befunde und Vorstellungen zur Thermoregulation. Hippokrates 41, 46 (1970)

(5) DÜNING, M.: Die physiologischen Vorgänge bei der Hitzeakklimatisation des Menschen. Med. Diss., Tübingen 1963

(6) DEEN, M.A.S.: Lokale Hauttemperatur und lokale Schweißbildung. Med. Diss., Tübingen 1968

(7) EICHNA, L.W., BEAUN, W.B., ASHE, W.F. and N. NELSON: Performance in Relation to Environmental Temperature. Bull. Johns Hopk. Hosp. 76, 25 (1945)

(8) EICHNA, L.W., PARK, Ch.R., NELSON, N. HORWARTH, S.M. and E.D. PALMES: Thermal Regulation During Acclimatization in a hot, dry (desert type) environment. Amer. J. Physiol. 163, 585 (1950)

(9) GLASER, E.M.: Acclimatization to Heat and Cold. J. Physiol. (Lond.) 110, 330 (1950)

(10) HÖFLER, W., SCHMOLL, D. und R. VOIGT: Verteilung der Schweißsekretion auf der Körperoberfläche bei der Hitzeakklimatisation.
Naturwissenschaften 53, 19/506 (1966)

(11) HÖFLER, W.: Verlauf der Hitzeakklimatisation in einem natürlichen tropischen Klima.
2. Tropenmed. Parasit. 17, 127 (1966)

(12) derselbe: Verhalten der Schweißsekretion bei der Akklimatisation in einem natürlichen tropischen Klima.
Int. Z. Angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 22, 317-326 (1966)

(13) derselbe: Changes in Regional Distribution of Sweating During Acclimatization to Heat.
I. Appl. Physiol. 25, 5 (1968)

(14) KAMANABROO, D.: Die regionale Verteilung der Schweißbildung im feuchtheißen Klima in Abhängigkeit von der Arbeitsbelastung.
Med. Diss., Tübingen 1970

(15) KUNO, Y.: The Physiology of Human Perspiration.
London: Churchill (1956)

(16) LAASER, U.R.: Physiologische Reaktionen während eines fünfwöchigen Daueraufenthaltes in einem künstlichen, feuchtheißen Klima.
Med. Diss., Tübingen 1967

(17) LADELL, W.S.S.: Assesment of Group Acclimatization to Heat and Humidity.
J. Physiol. (Lond.) 115, 296 )1951)

(18) derselbe: Disorder Due to Heat.
Royal Society of Trop. Med. and Hyg. 21, 2. (1907) 51, Nr. 2

(19) LADIPOH, J.: Verhalten der Wärmebilanzgrößen bei 30-tägigem Aufenthalt in künstlichem, feuchtheißen Klima.
Med. Diss., Tübingen 1969

(20) LEE, D.H.K.: Physiology and the Arid Zone. In: Environmental Physiology and Psychology in Arid Conditions.
Unesco 1963

(21) MACPHERSON, R.K.: Physiological Response to Hot Environment.
Med. Res. Counc. Spec. Rep. Ser. Nr. 298, London (1960)

(22) ROBINSON, S., TURELL, E.S., BELDING, H.S. and S.M. HORWARTH: Rapid Acclimatization to Work in Hot Climates.
Amer. J. Physiol. 140, 168 (1943)

(23) SCHMAUZ, R. und W. HÖFLER: Pulsfrequenz, Kerntemperatur, Wasser- und Elektrolytstoffwechsel bei 10-monatigem Aufenthalt in natürlichem tropischem Klima.
Tropa 875 (3. Abbildung)

(24) SCHMOLL, D.: Phasen der Akklimatisation an Hitzearbeit während eines dreiwöchigen Daueraufenthaltes in einem feuchtheißen Klima.
Med. Diss., Tübingen 1966

(25) STRYDOM, N.B., WYNDHAM, C.H., WILLIAMS, C.G., MORRISSON, J.F., BREDELL, G.A.G., BENADE, A.J.S. and M.V. RAHDEN: Acclimatization to Humid Heat and the Role of Physical Conditioning.
J. appl. Physiol. 21, 636 (1966)

(26) TAYLOR, L.H., HENSCHEL, H.F. and A. KEYS: Cardiovascular Adjustment of Man in Rest and Work during Exposure to Heat.
Amer. J. Physiol. 139, 593 (1943)

(27) WEIMER, J.S.: The Regional Distribution of Sweating. J. Physiol. (Lond.) 104, 32 (1948)

(28) WENZEL, H.G.: Die Beurteilung des Arbeitsklimas. In: Handb. d. ges. Arbeitsmedizin, Bd. I, Berlin-München-Wien (1961)

(29) WYNDHAM, C.H.: Effect of Acclimatization on Circulatory Responses to High Environmental Temperatures. J. appl. Physiol. 4, 383 (1954)

Herrn Prof. Dr. W. Höfler danke ich sehr dafür, daß er mir das Thema zu dieser Arbeit gegeben und mich bei deren Ausführung unterstützt hat.

Dem Direktor des Tropenmedizinischen Instituts der Universität Tübingen, Herrn Prof. Dr. H. J. Knüttgen, spreche ich meinen Dank aus für die Möglichkeit, in seinem Institut arbeiten zu dürfen.

Bei Fräulein I. Hermann bedanke ich mich für ihre Hilfe bei den Experimenten und für die Anfertigung der Fotografien zu den Abbildungen.

Meinen beiden Kollegen, Herrn cand. med. Patrice Mbaya (Cameroun) und Herrn cand. med. Martin Baur (Deutschland) danke ich auch hier sehr herzlich für die Mitarbeit bei der Durchführung der Experimente.

Bei Fräulein R. Jungblut (Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten) bedanke ich mich für die Reproduktion der Abbildungen.

## L e b e n s l a u f

Am 15. August 1941 wurde ich, Jean-Pierre Marie Mbomboué, in Yaoundé/Republique Fédérale du Cameroun geboren. Ich besuchte im Süden des Landes mehrere Volksschulen und das Priesterseminar von Akono bei Yaoundé bis zur Oberprima. 1961 legte ich dort den ersten Teil des Abiturs (Baccalauréat 1ère partie, serie classique A) ab und ging dann in das Staatliche Gymnasium, Lycée Général Leclerc, in Yaoundé, wo ich 1962 den zweiten Teil des Abiturs (Baccalauréat 2ième partie, serie philosophie) machte.

Als Stipendiat kam ich im Jahre 1962 nach Deutschland. Vom November 1962 bis zum April 1963 erlernte ich in Köln die deutsche Sprache im Afrikanum, um mich anschließend an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen immatrikulieren zu können. Mit Beginn des Sommersemesters 1963 nahm ich das Studium der Zahnmedizin in Tübingen auf und beendete es am 13. Juni 1969 mit dem Zahnmedizinischen Staatsexamen.

Seit dem 1.8.1969 bin ich in der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Tübingen Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle.